

実測値にもとづくマスコンクリートの熱特性値の逆解析

東北学院大学 工学部	学生会員	○坂西 馨
東北学院大学 工学研究科	学生会員	黒後卓也
東北学院大学 工学部	正会員	遠藤孝夫

1. はじめに

マスコンクリートの温度ひび割れを精確に予測するには、温度解析によりコンクリート構造物躯体内の温度分布を正確に予測することが重要である。通常温度解析で与える熱特性値は室内実験や示方書の値を参考にして定める場合が多いが、環境条件などの種々の条件により異なってくる。そのため事前の解析値と現場での温度実測値とが完全に一致することは稀なことと言える。こうした背景から本論文では、実構造物を模擬した試験体での実測値をもとに、マスコンクリートの温度分布に影響を及ぼすコンクリートの5つの熱特性値（終局断熱温度上昇量、断熱温度上昇係数、熱伝導率、熱伝達率、比熱）をGauss-Newton法を用いて推定し、実際のマスコンクリート施工時の熱特性値の推定にGauss-Newton法が適用可能か検証した。

2. 逆解析手法

非線形最小二乗法の一つであるGauss-Newton法を採用し、評価関数 f を次のように定義する。

$$f(X) = \int_{t_0}^{t_1} \sum_{i=1}^N \{u_i(t) - T_i(X, t)\}^2 dt \quad (1)$$

(u_i)を実測値、(T_i)を解析値とする。

また、Gauss-Newton法の定式化を式(2)に示す。

$$\sum_{j=1}^5 \left\{ \int_{t_0}^{t_1} \left(\sum_{i=1}^N \frac{\partial T_i}{\partial X_j} \right) dt \right\} \Delta X_j = - \int_{t_0}^{t_1} \sum_{i=1}^N \{u_i(t) - T_i(X, t)\} \left(\frac{\partial T_i}{\partial X_k} \right) dt \quad (2)$$

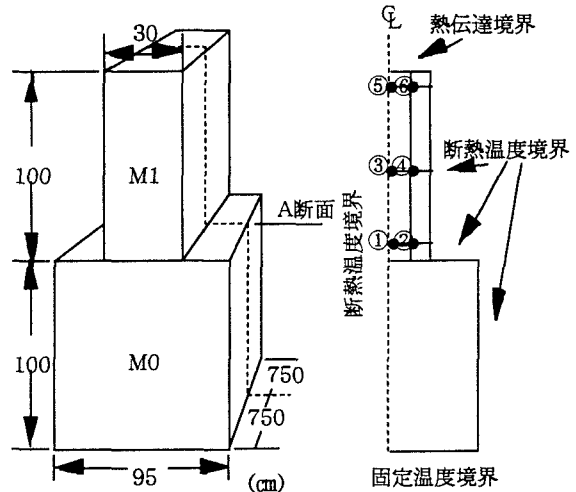


図-1 試験体

図-2 A断面

3. 対象実験の概要

3.1 試験体について

試験体の作成には、M0部分のコンクリートを打設(夏期)し、M0のコンクリートが材令55日に達した8月21日にM1を作成し、計測を開始した。

M0とM1に使用したコンクリートは、単位セメント量280kg/m³、水セメント比58.9%、呼び強度240kgf/cm²の通常の土木構造物に用いられる一般的な配合である。試験体の寸法は図-1に示す、室内において実構造物を模擬して作成したマスコンクリート試験体である。

3.2 実験の特徴

計測は、プレハブの室内で行い、外気温などの環境条件の変動を小さくしてM1自身の発熱による温度上昇量を大きくするため、M0には厚さ5cmの、またM1には厚さ10cmの断熱材(発砲スチロール)を貼り付けた。また、実験計測中のM1の乾燥を防ぐため、M1上面には表面と同じ温度の湛水養生を実施した。

M1の温度は、断面中心部が最も高く、続いて下層部、上層部といった順で、マスコンクリート硬化時に観測される通常の温度分布となった。断面中心部の温度は、コンクリート打設後15.0時間で60.7℃まで上昇し、打設温度からの上昇量は27.4℃であった。また、鉛直方向の表面と中心部の温度差は約26℃と大きな値を示した。壁の厚さ方向の温度差は発砲スチロールの保温効果により上層部で最大3℃、中心部で1℃以下の小さな値であった。また、試験体長手方向の温度差も3℃と小さな値であった。

4 解析条件

4.1 測定点の配置

精度の良い熱特性値の解を求めるためには計測点の数や計測点の位置などが関係しているため重要である。

センサーの配置、数など温度測定値を得るために必要な費用を考えると測定点数はなるべく少ない方がよく、3点以上あればマスコンクリートの熱特性値の逆解析が可能であるという事が既往の研究により明らかである。そのため、本研究では安定した結果を得たいために測定点の数は図-2に示す6点とした。

4.2 初期値の設定

初期値の選択は逆解析の収束性に影響を与えるため、5つの熱特性値の初期値を表-1に示すように既往文献や示方書を参考に与えた。

また境界条件は図-2に示した。

表-1 初期値

物性値	初期値	
	M1	M0
終局断熱温度上昇量 [°C]	33.5	
断熱温度上昇係数 γ	3.175	
比熱 [Kcal/mg °C]	0.319	0.3185
熱伝導率 [Kcal/cm hr °C]	0.023	0.023
熱伝達率 [Kcal/cm hr °C]	0.0012	0.0012
密度 [kg/cm]	2245	2296
外気温 [°C]	室内温度	

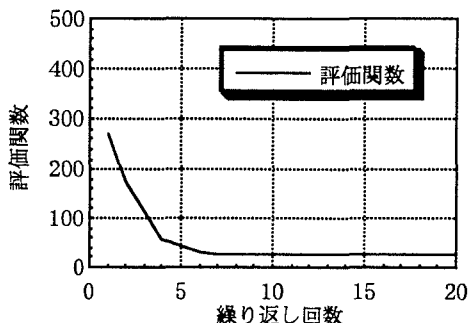


図-2 評価関数の収束状況

5. 解析結果

図-3に示すグラフは逆解析で求めた熱特性値を用い図-2に示す計測点⑤を温度解析したものであるが、ほぼ実測値と解析値が一致していることがわかる。その他の計測点でも解析結果がほぼ同じ温度変化となっている。

各熱特性値・評価関数とも繰り返し回数10回目以内に一樣に収束しており、途中で振動や発散したりせず収束した。このことから、マスコンクリートの実構造物に対する場合にも、マスコンクリートの熱特性値の推定にGauss-Newton法の適用の可能性が示された。

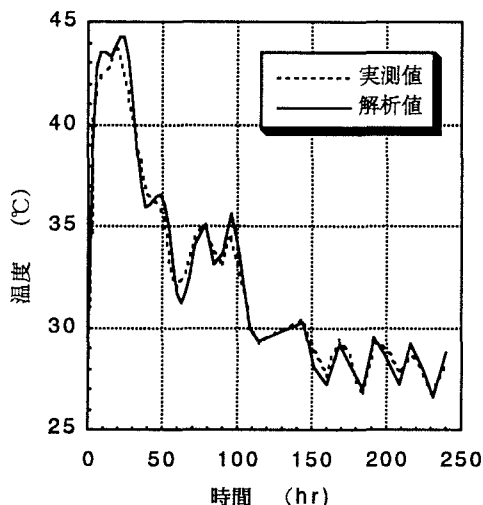


図-3 順解析結果

6. 結論

本論文では、室内実験によって求められたマスコンクリートの温度計測結果をもとにコンクリートの熱特性値を最小二乗法の1つであるGauss-Newton法により逆解析することを試みた。その結果以下のような結論に達した。

- (1) 初期値として与えた熱特性値では求めた値が一樣に収束しており、安定した収束性がある。
- (2) Gauss-Newton法にもとづく逆解析は、実測値を用いた二次元場の熱特性値の推定に有効である。

参考文献

- 1) 石川雅美：マスコンクリートの温度応力問題における外部拘束に関する研究, 1996.3
- 2) 高橋真一, 川原場博美, 遠藤孝夫：二次元場におけるマスコンクリートの熱特性値の逆解析, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.20, NO.2, pp.1045-1050, 1998